



dr. Gaál-Szabó Zsuzsanna

A szigetelőpapír öregedése 2012

zsuzsagsz@freemail.hu

Papír élete kezdettől a végig



A szigetelőpapír gazdasági jelentősége

- Transzformátor élettartama
=
szigetelőpapír élettartama

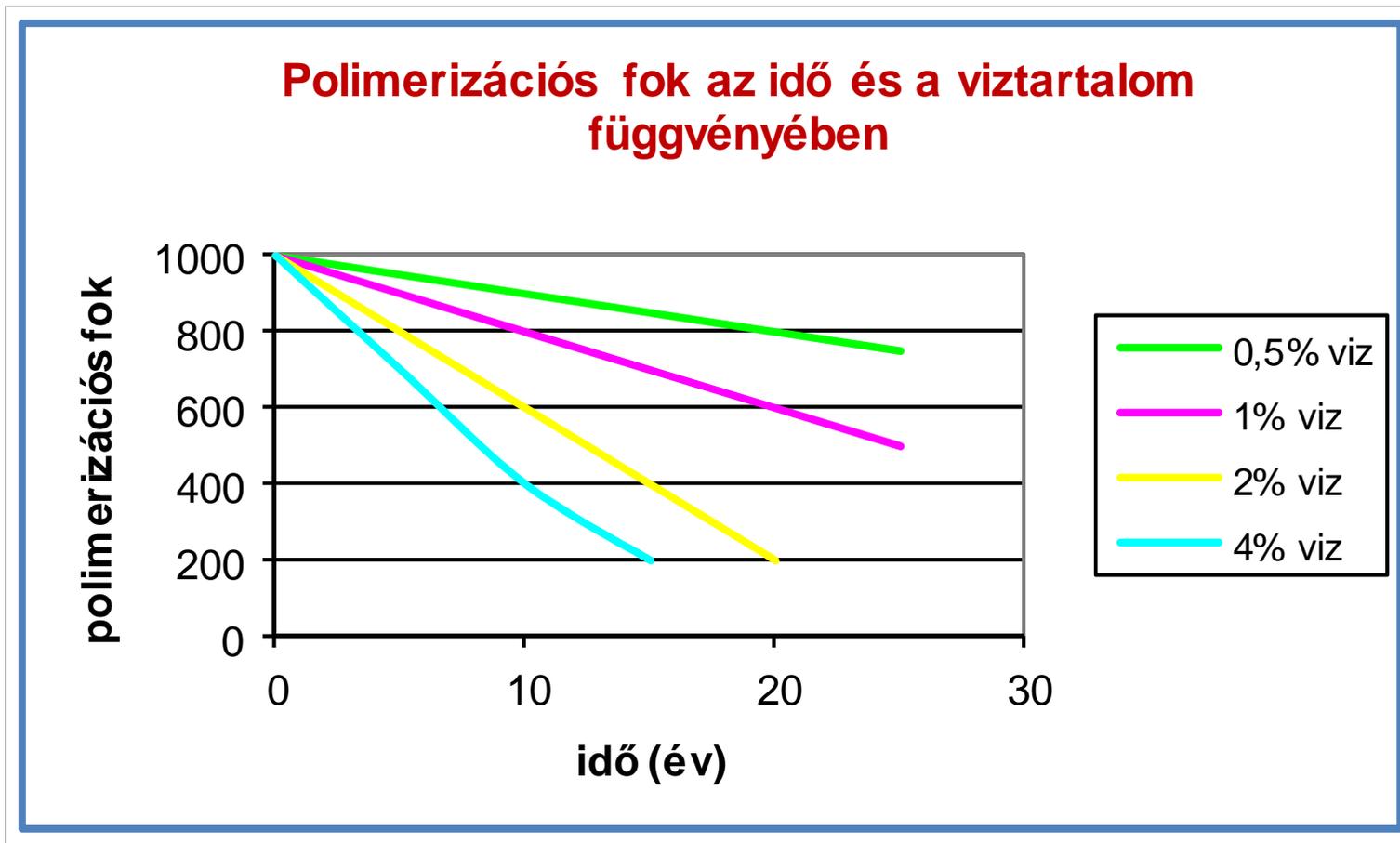
Papír öregedését befolyásoló tényezők

- Hő
- Víz
- Oxigén

Papír öregedése: levegő és víz

Transzformátor	Levegő nélkül	Levegővel
hőmérséklete	0,5% víztartalom mellett	2% víztartalom mellett
80 fok C	118 év	5,7 év
90 fok C	38 év	1,9 év
98 fok C	15 év	0,8 év

Papír öregedése: víz

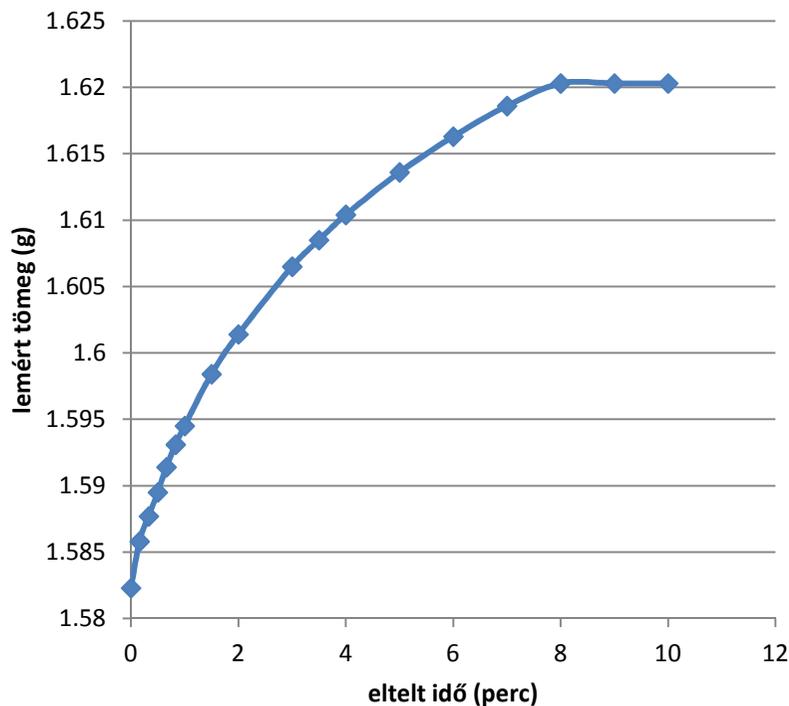


Száraz és olajos papír vízszívása

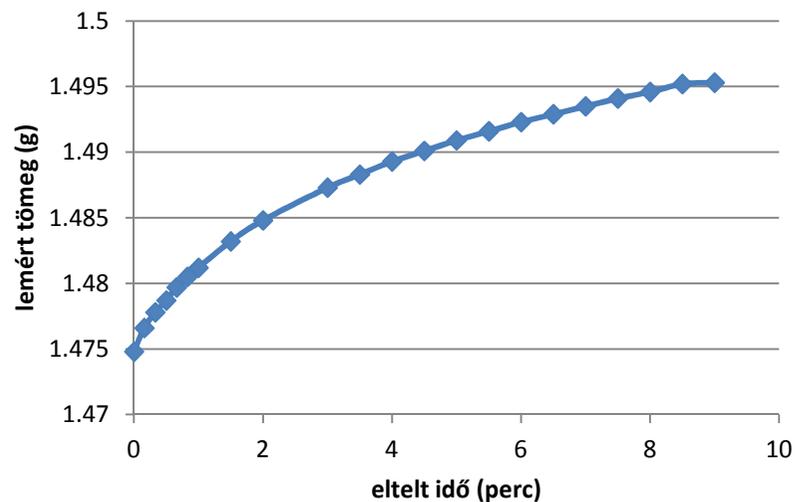
2,4% 8 perc, 48% rel.páratart.

1,3% 8 perc, 48% rel.páratart.

száraz papír vízszívása

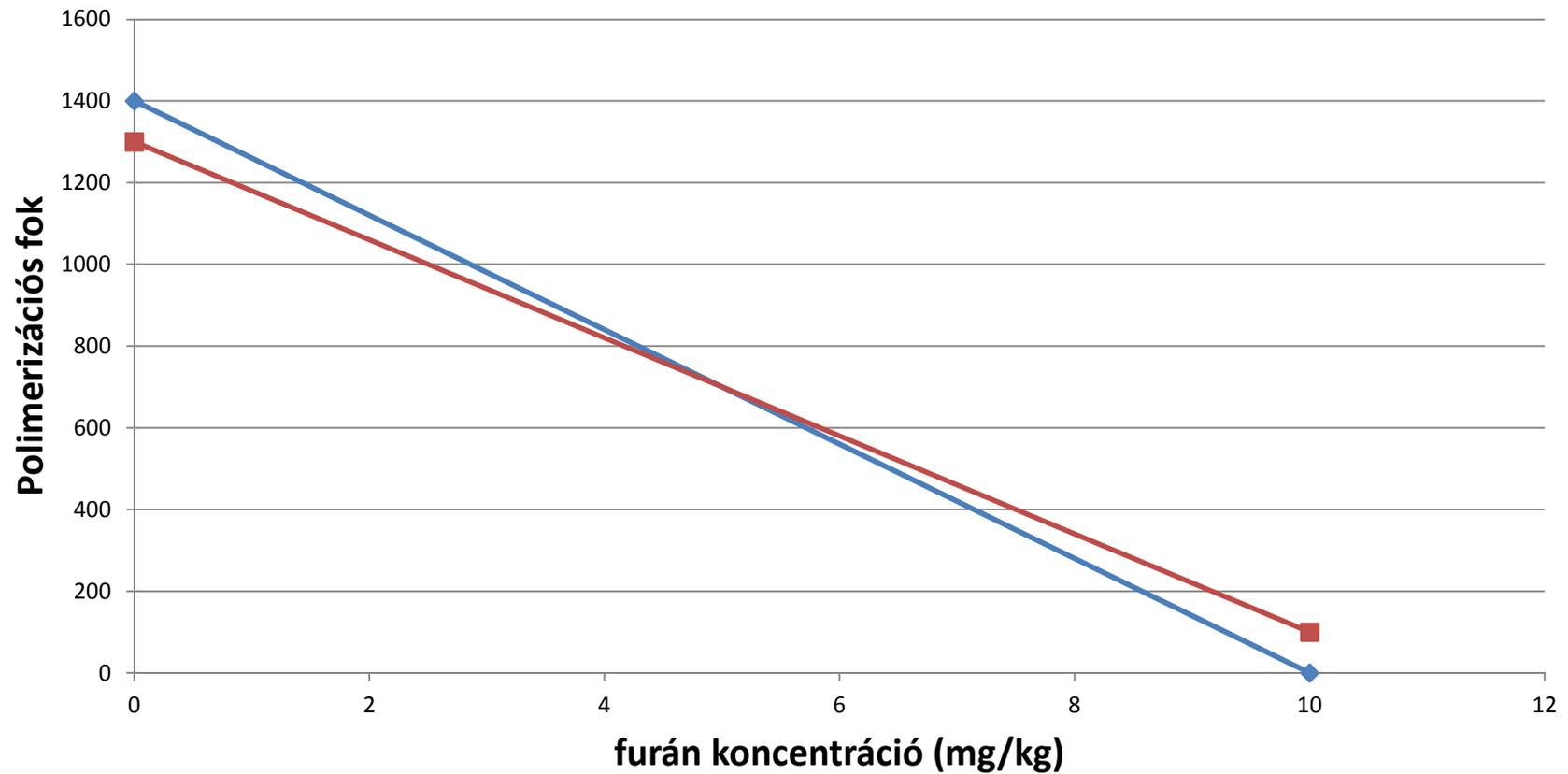


olajos papír vízszívása

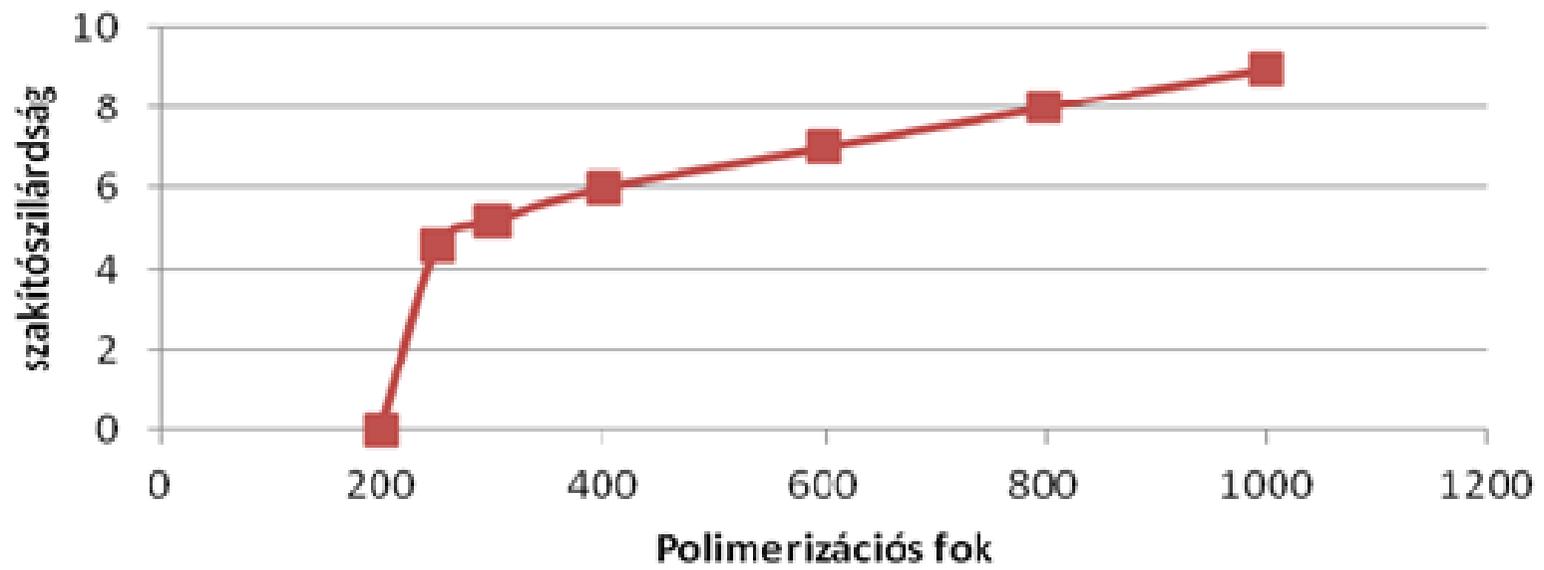


Papír állapota olajból, illetve papírból meghatározva

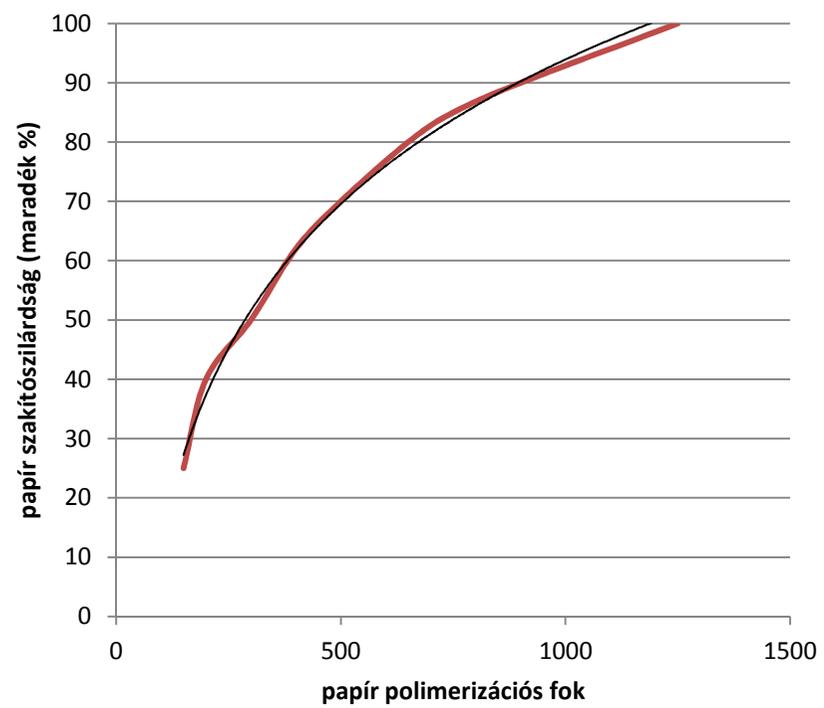
Diagramcím



Papír szakítószilárdsága a polimerizációs fok függvényében



papír szakítószilárdság a polimerizációs fok függvényében



Egyes furánvegyületek jelentősége

- 2-furfural fő termék
- 5-hidroximetil-2-furfurál nagyobb oxigénkoncentráció
- 2-acetilfuran ritkán, elektromos feszültség
- 5-metil-2-furfurál melegponti túlmelegedés
- 2-furfurilalkohol nagyobb víztartalom

Hosszabb távon mindegyik 2-furfurállá alakul, ha ettől eltérő vegyületet is detektálunk, az aktív folyamatra utal

Olajkezelés közben/után pl mindig megjelennek 2-furfurál-tól eltérő vegyületek

Furántartalom olajkezelés után

1. A furánok poláros vegyületek, papírhoz kötődnek

Papír: **sok** furán - olaj **nagyon kevés** furán

2. Vákuum és melegítés hatására egy részük távozik, ez a papírból pótlódik.

Dinamikus egyensúly lakul ki az olajkezelés alatt.

3. Pár hónap alatt beáll az új egyensúly

4. Észrevehető változás nincs – (vagy van)

ÁLLAPOTKÖVETÉS!

Furántartalom olajregenerálás után

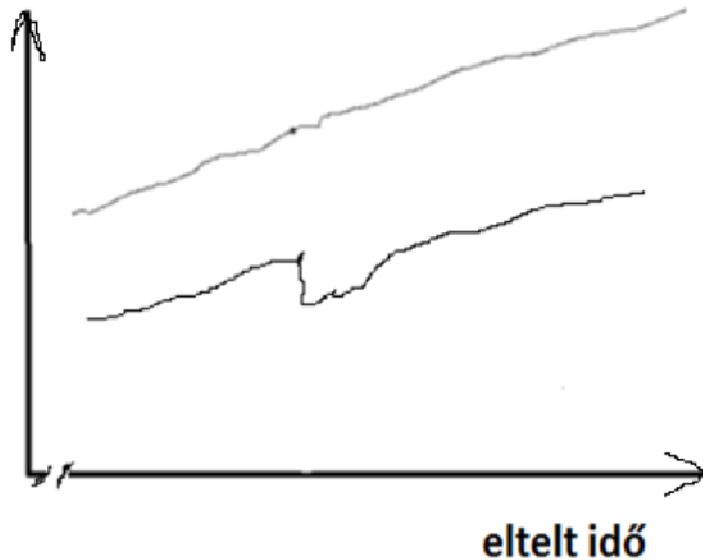
- Eltávolítja az olajból a furánt és a papírból is a furán 50-70%-át.
- Fél év alatt új egyensúly áll be.
- A papír nem javult meg!
- Élettartam számítás:
olajregenerálás előtti konc. + növekmény

ÁLLAPOTKÖVETÉS!

Furánkoncentráció alakulása olajkezelés, illv olajregenerálás után

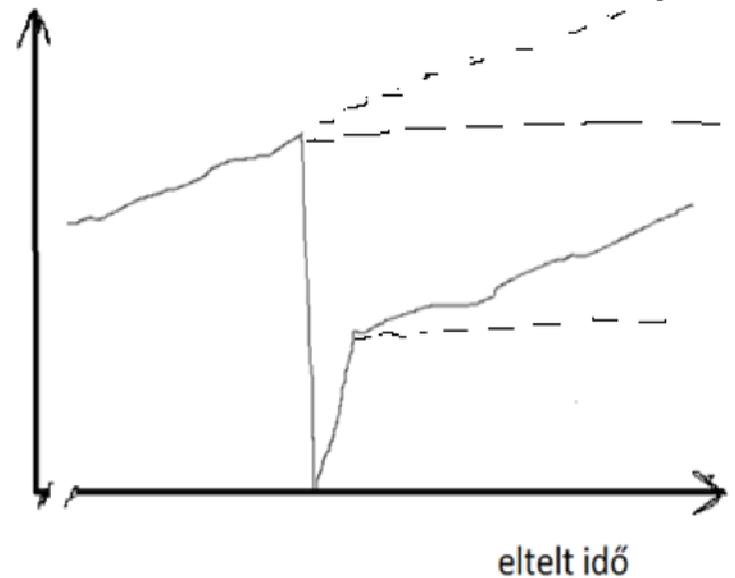
Olajkezelés után

furán koncentráció



Olajregenerálás után

furán koncentráció



Élettartam növelés

- hűtés javítása (hűtők rendszeres karbantartása, olajáramlás fokozása, légáramlás fokozása)
- nedvesség bejutásának megakadályozása, bejutott nedvesség eltávolítása (légszárító karbantartása, olajkezelés)
- bomlástermékek keletkezésének megelőzése (antioxidáns szint ellenőrzése, pótlása) eltávolítása (olajregenerálás)
- tekerccsszorítások ellenőrzése, utánhúzása,

Furanic Compounds for Diagnosis
Working Group
D1.01 (TF13)
April 2012

Vs
Saját tapasztalataink
9 év

8 CONCLUSION

8.1 CONCLUSIONS

The WG D1.01 (TF 13) had the task of evaluating the behaviour of the furanic compounds and their potential as a diagnosis tool. The work performed by the WG presented in this report has produced the following clear statements:

- The measurement of furanic compounds in the insulating oil of transformers is well controlled in the majority of the labs involved in this study. Recommendations will be presented to IEC TC 10 in this regard.
- Only 2-FAL is used in common practice in asset management decisions.
- The use of other furanic compounds also detected in oil (2-ACF, 5-MEF, 2-FOL, 5-HMF), even though it is not doing unanimity, has shown interesting results which may lead to new diagnosis information.
- Generation of 2-FAL and other furanic compounds is influenced by the ambient conditions (humidity, temperature, oxygen etc.).
- Generation of 2-FAL and other furanic compounds is also dependent on the quantity and type of paper involved. It is dependant on whether it is general ageing or localised ageing.
- Concentrations of 2-FAL and other furanic compounds measured in oil will be influenced by their ability to remain in the paper after their formation or to dissolve in the oil.

- Concentrations of 2-FAL and other furanic compounds are in equilibrium between the oil and paper, but the partition between the two is highly influenced by temperature, moisture, oxygen, oil acidity, type of paper and also the design of the electrical equipment.
- Concentrations of 2-FAL and other furanic compounds measured in oil seem to be also influenced by the presence of inhibitor in oil.
- It is difficult to correlate 2-FAL with ageing (DP) of the paper insulation in electrical plant such as transformers. Correlation in laboratory aged experiments on the other hand is very good.
- Absolute values of 2-FAL are used as a general indication of ageing, whereas the rate of increase of 2-FAL being produced can be more helpful in specific cases at determining the extent of ageing.
- 2-FAL threshold values cannot be universally applied as a diagnostic tool as there are too many factors influencing the evolution of 2-FAL and also the concentration in the oil.
- 2-FAL threshold values can be determined on a group or family of equipment (plant), where enough information is available from scrapped units. Many utilities use a data bank of furanic compounds or only 2-FAL data with success.
- Working Group D1.01 (TF 13) recommends that any database be first subdivided into subsets which represent similar equipment in regards to 2-FAL generation. The subsets can then be analyzed to establish normal and

8.2 RECOMMENDATIONS

2-FAL analysis is a valuable condition monitoring tool for determining the ageing of solid insulation. It is more useful in combination with other oil diagnostic methods to determine insulation condition. This analysis should be done at least each time thermal degradation of the paper insulation is suspected. However, it is clear that setting up a database will also require 2-FAL measurements on equipment not showing any faults. In this respect, a routine analytical campaign (that could be incorporated into the oil quality control campaigns already in place) could be considered.

The analysis of the five other furanic compounds could be stored on an experimental basis. As additional data become available, the few diagnostic models proposed for these other compounds (i.e. specificities, ratios) could be more easily explored.

Komplex diagnosztika

- - Analitikai:
 - * - Szigetelőolaj
 - * - Szigetelőpapír
 - * - Hibagáz
- - Villamos:
 - * - Villamos paraméterek
 - * - Szigetelési paraméterek
- - Mechanikai:
 - * - Rezgés
- - Termikus:
 - * - Hőfok, hőmérséklet eloszlás

Állapotfelvétel, mintavételi hőmérséklet, berendezés adatai, típusa, előzmények: olajkezelés, olajcsere, tekercscsere, működött-e eddig

Analitikaikai vizsgálatok

Aktív rész hibái	—————>	„Hibagáz”
Szigetelőolaj	—————>	fizikai-kémiai vizsgálatok
Szigetelőpapír	—————>	furán, polimerizációs fok, (víztartalom)

Adaléktartalom, oxidációs stabilitás

Korrozív kén, passzívátor

PCB

Gázfejlődési képesség

Folyáspont, lobbanáspont

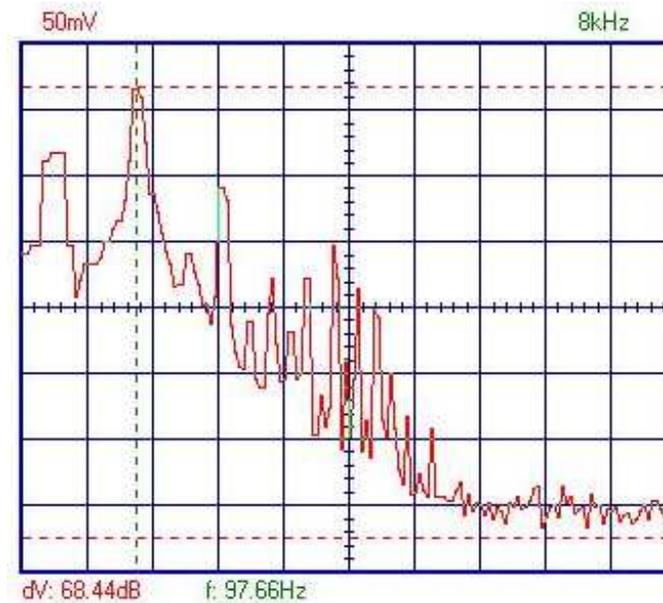
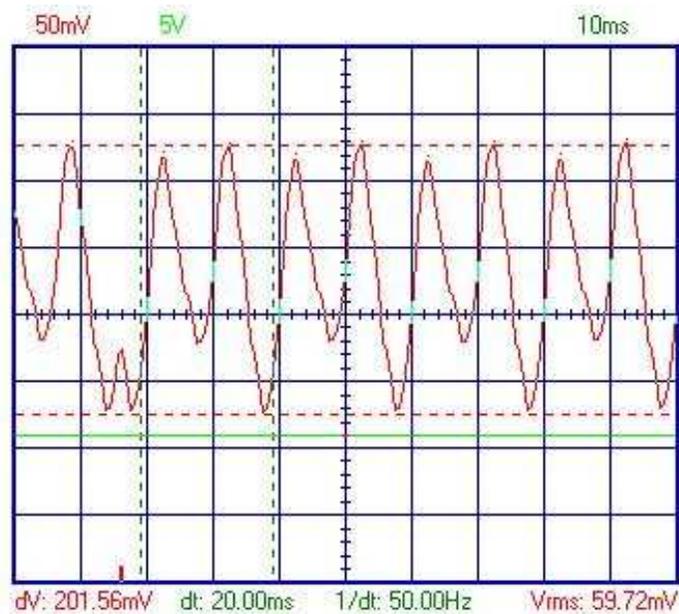
Viszkozitás

Villamos vizsgálatok

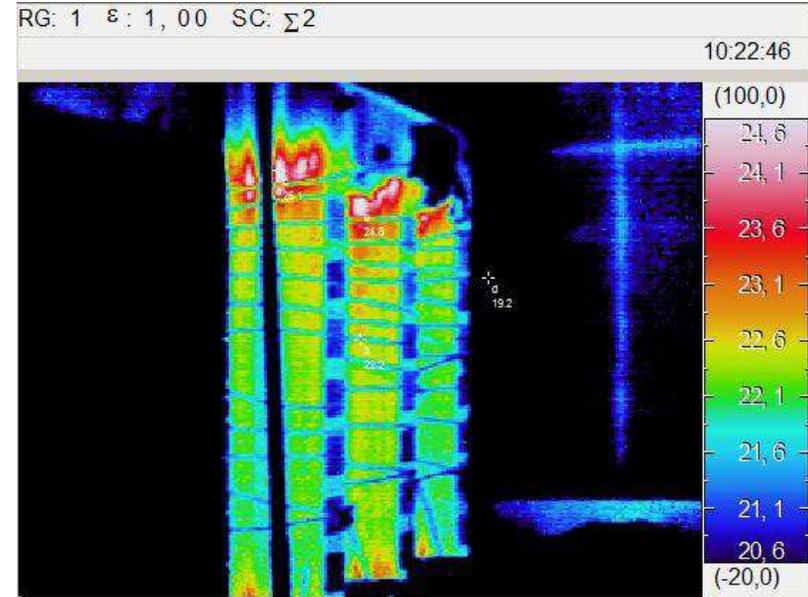
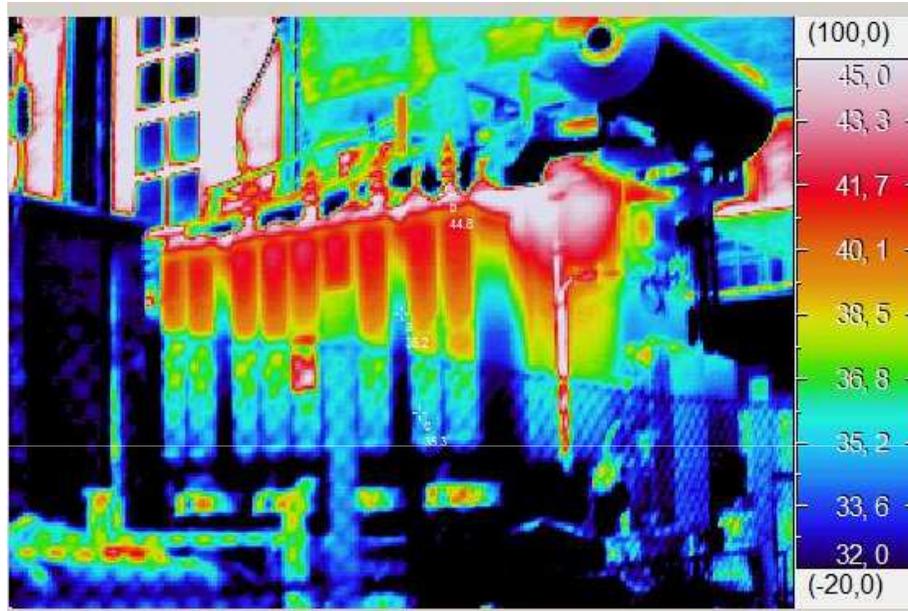
- - Visszatérő feszültség
- - Szigetelési ellenállás
- - Szigetelési szilárság
- - Veszteségi tényező
- - Részkisülés
- - Áttétel
- - Tekercsellenállás
- - Üresjárási veszteség
- - Rövidzárási veszteség
- - Rövidzárási feszültség
- - Fokozatkapcsoló vizsgálata
- - Átvezető szigetelők vizsgálat

Mechanikai vizsgálat

- Tekercsszorítások állapota rezgésvizsgálattal



Termikus vizsgálat



4.3 FACTORS INFLUENCING THE 2-FAL FORMATION

4.3.1 *Temperature*

The temperature is undoubtedly a very important factor, influencing the 2-FAL formation. It has been proven through many research groups, that temperatures over 120°C accelerate 2-FAL formation. Therefore, a slow but continuous increase of 2-FAL could point out to a failure in the cooling system, whereas a strong immediate increase could point out to an acute thermal failure.

Diagnostic procedures like dissolved gas analysis (DGA) or oil quality control analysis and determination of oil values are not sensitive enough to indicate that there might be moderate overheating issues up to 150°C that might result from defective cooling. These temperatures are, however, high enough to lead to an increase in 2-FAL content significantly.

A transzformátor hőmérséklete és az élettartam

Furánkoncentráció növekedése túlterhelés hatására **400 kV**

	1 trf	2. trf
FAL	2,76 ppm	5,73 ppm
minta hőmérséklete hőmérővel	55 °C	65 °C
olajhőmérséklet a trf-n	68 °C	78 °C
tekercshőmérséklet a trf-n	81 °C	91 °C
hidrogén	18 ppm	20 ppm
szénmonoxid	475 ppm	679 ppm
széndioxid	6818 ppm	9885 ppm
metán	10 ppm	15 ppm
acetilén	<1 ppm	< 1 ppm
etilén	148 ppm	155 ppm
etán	9 ppm	12 ppm